ÜBER KNOLLENSTEINE
UND
VERWANDTE TERTIÄRE VERKIESELUNGEN

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE

DER

HOHEN PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT

DER

VEREINIGTEN FRIEDRICHS-UNIVERSITÄT
HALLE-WITTENBERG

VORGELEGT

VON

WALTER SCHUBEL

AUS AURITH A. O.

HALLE A. S.

DRUCK VON EHRHARDT KARRAS

1911

ÜBER KNOLLENSTEINE
UND
VERWANDTE TERTIÄRE VERKIESELUNGEN

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE

DER

HOHEN PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT

DER

VEREINIGTEN FRIEDRICHS-UNIVERSITÄT
HALLE-WITTENBERG

VORGELEGT

VON

WALTER SCHUBEL

AUS AURITH A. O.

ACAD.
LUGD.BAT.
BIBL.

HALLE A. S.

DRUCK VON EHRHARDT KARRAS

1911

Referent: Prof. Dr. Johannes Walther.

Tag der mündlichen Prüfung: 19. Dezember 1910.

Abdruck aus der „Zeitschrift für Naturwissenschaften“, Bd. 83, 1911 (Verlag von Quelle & Meyer in Leipzig).

Inhaltsübersicht.

Seite

Vorwort V

Verbreitung und petrographischer Charakter der Knollensteine . . 1

Aufschlüsse in der Umgebung von Halle 5

Aufschlüsse im Königreich Sachsen 16

Die Braunkohlenquarzite von Nordböhmen 20

Die Knollensteine von Hessen 24

Die tertiäre Landoberfläche und die Ablagerungsformen der Sedimente 26

Die Herkunft der zementierenden Kieselsäure und der Vorgang der Verkittung 28

Die genetischen Beziehungen der Knollensteine zu den überlagernden Braunkohlen und die Zeit der Verkieselung . . . 34

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41544726_0067

Vorwort.

Die Anregung zu meiner Arbeit über „Knollensteine“ ging aus von meinem hochverehrten Lehrer Herrn Professor Dr. Joh. Walther, der auch den Fortschritt meiner Untersuchungen mit lebhafter Teilnahme überwachte und mir viele schätzbare Winke gab, so dafs ich ihm auch an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank aussprechen möchte.

Mit Hilfe der gesamten Erläuterungen der geologischen Spezialkarte von Preufsen (und ebenso des Königreichs Sachsen) suchte ich mir die Gebiete, in denen ich auf gute Aufschlüsse würde rechnen können. Auch an anderen Stellen der Literatur fand ich zahlreiche Angaben über Knollensteine ... und ihre Aufschlüsse.

Nachdem ich mir im Spätsommer 1908 in der Umgebung von Halle genauere Bekanntschaft mit den „lapides tuberosi“ verschafft hatte, führten mich meine Exkursionen in die Aufschlüsse bei Jena, Bürgel, Waldau u. s. f. Für meine weiteren Reisen verwandte ich im Jahre 1908 und 1909 etwa vier Monate und besuchte in dieser Zeit Aufschlüsse in Hessen, in Nordböhmen und im Königreich Sachsen. Überall wurde mir bei Geologen, Bergleuten und Steinbruchsbesitzern bereitwilligst Auskunft gegeben; auch wurde mir allerorts die Erlaubnis zur Besichtigung von Braunkohlengruben usw. erteilt.

Allen Herren danke ich vielmals für diese Unterstützung meiner Untersuchungen.

Irgend ein Gebiet ganz eingehend zu behandeln hinsichtlich des Vorkommens und der Lagerung von Knollensteinen usw. war mir bei der grofsen flächenhaften Verbreitung

unserer Gesteine nicht möglich, lag aufserdem auch nicht in meiner Absicht.

Vielmehr beschränkte ich mich darauf, in den einzelnen Gebieten alles das zu untersuchen und zu sammeln, was mir die Möglichkeit bieten würde, die Knollensteine (und die verkieselten Hölzer) unter gewissen grofsen Richtlinien zu betrachten, wie sie aus meiner Arbeit erkenntlich sind.

Die genauere stratigraphische sowie auch z. B. die mikroskopische und chemische Behandlung der Braunkohlenquarzite mufs der speziellen Untersuchung überlassen bleiben.

Meine Manuskripte wurden sehr stark gekürzt, um nicht die Übersichtlichkeit durch zu viele Tabellen und lokale Details zu stören.

Das „Knollensteinproblem" ist durch die vorliegende Arbeit auch für mich nicht abgetan, doch hoffe ich, einen brauchbaren Beitrag zu dem Kapitel „tertiäre Verkieselungen" geliefert zu haben.

Über Knollensteine und verwandte tertiäre Verkieselungen.

Mit 9 Figuren im Anhang.

Verbreitung und petrographischer Charakter der Knollensteine.

Über grofse Gebiete von Mitteldeutschland sind verkieselte Sande und Konglomerate weit verbreitet, die als Knollensteine[1]) und Braunkohlenquarzite bezeichnet werden.[2]) Sie finden sich anstehend in zusammenhängenden Bänken und Schollen, häufiger noch zerstreut als einzelne unregelmäfsig gestaltete Blöcke oder Trümmer von Bänken, die durch ihre Häufigkeit vielfach das geologische Bild der Landschaft kennzeichnen. Oft sind sie auch mit erratischen Blöcken vergesellschaftet oder in diluvialen Absätzen eingebettet.

Dafs diese verkieselten Blöcke ursprünglich im Zusammenhang mit tertiären Sedimenten standen, ist schon seit einigen Dezennien erwiesen, eine Feststellung, die meine eigenen Untersuchungen in zahlreichen Aufschlüssen durchaus bestätigen.

---

[1]) Carolus Justus Andrae, de formatione tertiaria Halae proxima, S. 7. Nominis „Knollenstein" origo est in peculiari habitu ... Veltheim primus hoc nomine usus ... — Mineral. Beschreibung der Gegend von Halle von Fr. W. v. Veltheim, Halle 1820. — Veltheim hat den Namen Knollenstein wegen der höckerigen und buckeligen Form erfunden und wohl nicht wegen ihres Auftretens in einzelnen Blöcken und Knollen.

[2]) Volkstümliche Bezeichnungen: Trappquarze, Feuerwacken, Feldschlacken, Kieselfritten, Wacken, Quecken, Teufelssteine, Nagelsteine u. a.

In der Eiszeit sind die Knollensteine durch die Schmelzwässer oder in den Moränen häufig in horizontaler Richtung weit verschleppt worden, so dafs bei dem Vorkommen zerstreuter Blöcke nördlich der diluvialen Eisgrenze ihr Fundort nicht immer als das unmittelbare Verbreitungsgebiet ehemaliger tertiärer Ablagerungen angesehen werden darf.

Aufserhalb des Bereichs der Eiswirkung haben die Knollensteine gewöhnlich nur eine Umlagerung in vertikaler Richtung durch Unterspülung ihres Lagers erlitten, so dafs ihr Fundort zugleich das Gebiet einstiger anstehender Tertiärablagerungen ist.

Oft finden sich diese verkieselten Blöcke in ganz gewaltigen Mengen auf engem Raume als wahre Blockmeere, z. B. bei Waldau, Waldeck, Kamenz, Leitmeritz, Pfalzel, Dallwitz (Böhmen) u. s. f. Hier lagern sie noch an primärer Stelle und sind als bank- oder deckenartige Quarzitbildungen anzusehen, die meist erst in geologisch junger Zeit völlig entblöfst worden sind.

Die zerstreuten Knollensteine zeigen fast ausnahmslos eine beträchtliche Härte und Festigkeit, so dafs sie den Einflüssen der Atmosphärilien sehr wirksam widerstanden, während alle anderen weniger fest zementierten, analogen und gleichaltrigen Produkte tertiärer Verkieselungen längst verschwunden sind. Wenn wir solchen lose verkitteten Gesteinen dennoch bisweilen im Gelände begegnen, so sind sie erst in jüngster Zeit freigelegt worden. Es hat also unter den verschiedenen Produkten tertiärer Verkieselungen eine sehr starke Auslese stattgefunden, die nur die härtesten Blöcke bis auf den heutigen Tag bestehen liefs.

Somit vereinigen die freiliegenden Blöcke in sich die petrographischen Eigenschaften von zu Knollensteinen verkieselten Tertiärsanden und Konglomeraten nicht insgesamt, sondern repräsentieren nur die eines ganz besonderen Typus. An unseren freiliegenden Knollensteinen wurden alle weicheren Teile durch die Atmosphärilien entfernt, so dafs nur der stahlharte Kern erhalten geblieben ist. Diese Überreste treten uns in Einzelindividuen von oft bizarrer, unregelmäfsiger Gestaltung

entgegen. Ihre Gröfse schwankt zwischen wenigen Kubikzentimetern und mehreren Kubikmetern.

Die Trümmer ehemaliger zusammenhängender Bänke lassen in der Regel eine warzige, kleinhöckerige Unterseite und eine flachwellige Oberseite erkennen, die beide scharfkantig gegen die oft ebenen seitlichen Bruchflächen abgegrenzt sind. Sie sind meist bedeutend gröfser als jene klumpenartigen Knollensteine, besonders durch ihre schollenartige, plattige Form. Die höckerige und buckeltragende Aufsenseite gibt unserem Gestein ein wulstiges, bizarres und schlackiges Aussehen, zumal auch häufig tiefe Löcher die Blöcke durchsetzen. Diese Löcher, die gewöhnlich in grofser Menge in paralleler Anordnung dicht nebeneinander auftreten, führen oft noch spärliche Reste von Pflanzenwurzeln und Rhizomen, sind also durch eingelagerte organische Körper entstanden. Andererseits erreichen solche langgestreckten Löcher bisweilen die Ausmafse eines Armes, ohne irgend welche Spuren ehemaliger Ausfüllung durch Pflanzenteile aufzuweisen. Sie waren ursprünglich von lockerem, weifsem Quarzsande ausgefüllt, der natürlich herausgeflossen ist, wenn die Löcher an der Oberfläche ausmündeten. Solche Hohlräume beobachtete ich an vielen freiliegenden Blöcken; besonders schön ausgebildet in der Nähe des Schlosses Wilhelmshöhe bei Kassel.

Die Hohlräume entsprechen den Partien, die bei dem Eindringen der Kieselsäure von dieser nicht durchtränkt und daher nicht verhärtet worden sind.

Die höckerigen, warzen- und zapfentragenden Flächen zeigt besonders die primäre Unterseite gut ausgeprägt, wie ich durch Beobachtungen bei anstehendem Gestein feststellen konnte.

Dasselbe erwähnt auch schon Zincken,[1]) ohne auf die Ursachen dieser Ausbildungsweise einzugehen. Er sagt: „Besonders die untere Fläche der Knollensteine ist knollig und uneben, die obere Fläche aber weniger uneben."

Die Zapfen und Warzen an der Unterseite sind so charakteristisch, dafs es möglich ist, an einem umgelagerten

[1]) Zincken, Physiographie der Braunkohlen, S. 267.

Knollenstein die primäre Lagerungsweise festzustellen.[1]) Diese zapfenartigen Auswüchse sind bisweilen über 10 cm lang und bei anstehenden Knollensteinen vertikal nach unten gerichtet, aufserdem untereinander fast parallel. Besonders deutlich zeigte diese Erscheinung ein Block, der im Dorfe Ihringshausen bei Kassel am Gemeindebrunnen liegt. Die Erklärung dieser Erscheinung wird in einem späteren Kapitel gegeben werden.[2]) Soviel sei aber jetzt schon bemerkt, dafs die unregelmäfsige, bizarre Form und die warzige, bucklige Oberfläche primär genetisch bedingt sind, und dafs die Verwitterungseinflüsse an zerstreut liegenden Blöcken durch Entfernung aller weicheren Teile und somit durch Herausmodellieren der harten nur für eine Verdeutlichung der Struktur gesorgt haben.

Die Oberfläche der freiliegenden Blöcke ist in der Regel von einem porzellanartigen, braunen Schmelz überzogen. der nach J. Walther[3]) auf die Wirkung von Winden und klimatisch veranlafsten chemischen Umsetzungen während der interglazialen Steppenzeiten zurückzuführen ist. Diese Glasur wird in der Literatur oft erwähnt und beschrieben und zwar in gleicher Weise an den Knollensteinen von Sachsen, Hessen, den wenigen bei Stettin und Böhmen.[4]) J. Walther schreibt darüber folgendes: „Besonders die oligozänen Braunkohlenquarzite bedecken sich unter dem Einflufs des trockenen Klimas mit einem braunen oder gelben, firnisartigen Überzug, der bis zum heutigen Tage erhalten ist."

Für die Blöcke bildet diese Politur naturgemäfs eine nicht zu unterschätzende Schutzrinde, da sie durch ihre Glätte und Härte den Atmosphärilien geringe Angriffsmöglichkeit bietet. Dafs diese Glasurbildung im ganzen Verbreitungsgebiet ein einheitliches, bezeichnendes Merkmal

[1]) S. Fig. 1 im Anhang.

[2]) Genaueres hierüber vgl. den Abschnitt „Über den Vorgang der Verkieselung".

[3]) J. Walther, Geologische Heimatskunde von Thüringen.

[4]) Vgl. Erläuterungen zu den Blättern: Göttingen, Gera, Immenrode, Ilm, Lengsfeld, Plaue, Remda, Grofsenhain, Gerbstedt, Ermschwerd, Melsungen, Welschbillig, Wittlich, Wincheringen u. s. f.

der Knollensteine darstellt, ergibt sich aus zahlreichen Erläuterungen der geologischen Spezialkarte von Preufsen[1]) und Sachsen.

Im allgemeinen scheinen zu solcher Lackbildung nur solche Blöcke geeignet gewesen zu sein, bei denen das Bindemittel dem Grundmaterial an Härte nicht merklich nachstand, was bei den freiliegenden Knollensteinen fast ausnahmslos zutrifft. Wenn an ein und demselben Knollensteinblocke, wie es häufig vorkommt, eine Verschiedenheit der Grundmasse hinsichtlich des Tongehaltes besteht, so ist auch meist eine verschieden deutliche Glasurbildung festzustellen, ja an tonigen Blöcken kann sie völlig fehlen, da durch Herauswittern des Tones immer wieder die Quarzkörnchen eine rauhe Fläche bildeten.

Die Innenflächen der erwähnten Hohlräume zeigen keine Glasurbildung, sondern sind rauh und scharfkantig. Hier ist das Bindemittel zum Teil entfernt, so dafs die scharfen, eckigen Körner nur mit einem Teil noch eingebettet sind.

Bei konglomeratischen Blöcken ragen die Gerölle meist ziemlich weit heraus und zeigen selbst die Politur besser als das kleinkörnige Zwischenmaterial. Im allgemeinen ist dieser „Wüstenlack“ zweifellos auf die Wirkung des Klimas zurückzuführen, doch finden sich hin und wieder auch Knollensteine, die einen bis 2 cm starken, dichten, glasigen Schmelz besonders auf der Oberseite aufweisen. In diesem Falle haben wir es mit einer primär genetischen Bildung zu tun, die durch Überfliefsen bereits verhärteter Sande mit einer zweiten neuen Kieselsäurelösung entstanden ist.

Aufschlüsse in der Umgebung von Halle.

Zusammenhängende Knollensteinlager in bank- oder schollenartiger Ausbreitung finden sich in der Umgebung von Halle oberflächlich an vielen Punkten (und zwar hier, wie auch in anderen Gegenden, meist auf kleinen Anhöhen[2]), z. B. auf dem Lauchstädter Windmühlenberg und

[1]) Siehe S. 4, Anm. 4.

[2]) Zincken weist auch auf das Vorkommen zusammenhängender Knollensteine auf Anhöhen hin.

nordöstlich der Haltestelle Knapendorf. Die Denudation entfernte die lockeren Ablagerungen solange gleichmäfsig schnell, bis die Knollensteindecken freigelegt waren, die dann die Abschwemmung hemmend, die Ausbildung kleiner Anhöhen veranlafsten. Nach Weissermel finden sich die Knollensteine hier in den Sanden der hangenden Stufe,[1]) jedoch ohne an eine bestimmte Schicht gebunden zu sein.[2])

Hier zeigen die Knollensteine auch die in allen Verbreitungsgebieten wiederkehrende Eigentümlichkeit, nicht weit auszuhalten, sondern plötzlich in erheblicher Mächtigkeit aufzutreten und ebenso schnell nach kurzer Erstreckung zu verschwinden. Diese Art des Vorkommens hängt, wie wir später sehen werden, mit den Ablagerungsformen der tertiären Sedimente innig zusammen.

Die Gesteine von Knapendorf sind im allgemeinen nur mittelhart und werden nur in einzelnen Blöcken wirklich quarzitisch. Der gröfste, jetzt schon stark zerklüftete und zermürbte Teil von ihnen wird in geologisch kurzer Zeit gänzlich zerstört sein,[3]) und von dem ganzen ausgedehnten Lager wird nur eine ganz kleine Auslese harter Quarzite erhalten bleiben.

Nach Siegert kommen auf Blatt Merseburg-Ost Knollensteine sowohl in der liegenden als auch in der hangenden Stufe vor und zwar in verschiedenen Niveaus derselben Stufe. Die Verkieselungen sind also nicht auf einen Horizont beschränkt.

Nach Siegert und Weissermel treten die Quarzite oft in grofser Mächtigkeit auf, keilen dann schnell aus und setzen häufig bald wieder in derselben Stärke ein. Diese Eigentümlichkeit der Braunkohlenquarzite, nach grofser Mächtigkeit fast unvermittelt zu verschwinden, konnte ich immer wieder in den von mir besuchten Gebieten beobachten.

[1]) Nach dem hier vorkommenden unteroligozänen Braunkohlenflöz unterscheidet man eine liegende Stufe von Sanden und Kiesen und eine hangende.

[2]) Vgl. Weifsermel, Erläuterung von Blatt Merseburg West. . . . Die Widerstandsfähigkeit der Knollensteine gibt Veranlassung zur Entstehung von Höhen . . .

[3]) Abgesehen davon, dafs die Steine für Bauzwecke gebrochen werden.

Als Bildungen unbestimmten Alters bezeichnet Weissermel die Knollensteinbänke von Schkopau,[1]) die schon seit langem durch ihre zahlreichen wohlerhaltenen Pflanzenreste besonderes Interesse erweckt haben.[2])

Die zurzeit vorhandenen vier Aufschlüsse befinden sich an dem ersten Feldweg südlich des Dorfes Schkopau zwischen der nach Merseburg führenden Strafse und der Eisenbahnstrecke. Die dort aufgeschlossenen Quarzite sind bis 3 m mächtig und durchgehend aufserordentlich hart.

Braunkohlenquarzit von Schkopau.

Eine untere zusammenhängende Bank wird von einer zweiten darüber liegenden durch Zwischenlagerungen lockeren Quarzsandes getrennt, der erfüllt ist von haselnufs- bis faustgrofsen Knollen (3), die wie Gerölle aussehen und an ihrer Oberseite einen glänzenden, porzellanartigen Schmelz zeigen. Sie sind jedoch als kleine kugelige Knollensteinbildungen anzusehen, die entstanden sind, nachdem auf der verfestigten unteren Bank sich neue Quarzsande abgelagert hatten. Das Gestein im ersten Aufschlufs links am Wege ist horizontal plattig zerklüftet. Auch gewinnen hier die Quarzite besonders in den oberen Partien häufig eine konglomeratische oder konkretionäre Struktur dadurch, dafs die vorhin erwähnten kleinen Knollen wieder untereinander zu einem Konglomerat verkittet sind (1).[3]) Die untere Bank geht nach dem Liegenden zu allmählich in ein weniger hartes Gestein über (5) (6), das sich zuerst in sandsteinartigen Platten ablöst und noch tiefer zu einzelnen länglichen oder eiförmigen Knollen zusammengebacken ist, die genetisch denen in der Sandeinlagerung entsprechen (s. 3).[4]) Wir finden hier deutlich die überall wiederkehrende Eigentümlichkeit der verkittenden Kieselsäure, mit dem Sande kleinere und gröfsere Quarzit-

[1]) C. G. Giebel, Vorläufige Mitteilungen über einige Pflanzenreste im Braunkohlensandstein bei Schkopau. Leonhards Taschenbuch 1853, S. 631. In neuerer Zeit sind sie durch v. Fritsch wieder bearbeitet worden.

[2]) S. Fig. 2 im Anhang.

[3]) S. Fig. 2 3, und 4 im Anhang.

[4]) S. Fig. 2 im Anhang.

knollen zu bilden oder sich innerhalb der Bänke in konzentrischen, mehr oder weniger scharf begrenzten Kugeln anzureichern und dadurch dem Gestein einen konkretionären Habitus zu verleihen.[1])

In dem Knollensteinaufschluſs bei Dransfeld[2]) ebenso wie im Königreich Sachsen (z. B. Tongrube bei Zeititz) und in Böhmen fand ich dieselbe Erscheinung.

Aus diesen Verhältnissen muſs man schlieſsen, daſs die Knollensteine von Schkopau[3]) nicht sozusagen aus einem Guſs entstanden sind, sondern daſs nach Verhärtung der unteren Bank sich neue Sedimente darüber lagerten, die dann später durch eine neue Überflutung mit kieselsäurehaltigem Wasser verkittet wurden. Auf der oberen Seite der unteren Bank sowie auf Kluftflächen findet sich ein bis 2 cm starker Schmelz aus homogener dichter Kieselsäure.[4]) Dieser kann sich erst gebildet haben, als die untere Bank bereits undurchdringlich, d. h. verhärtet war und als bereits Klüfte entstanden waren. Somit muſs der Schmelz jünger sein als die Klüfte. Überdies spricht die zwischen der oberen und der unteren Bank befindliche lockere Sandschicht für zwei Verkieselungsperioden.

Eine ganz ähnliche bankartige Bildung findet sich in den unweit von hier gelegenen beiden Steinbrüchen an dem Feldwege von Ober-Clobikau nach Groſs-Gräfendorf. Unter einer Bedeckung von etwa 4 m diluvialen Kiesen lagern Bänke bis zu 3 m Mächtigkeit. Sie sind quarzitisch hart, jedoch nicht ganz gleichmäſsig, da gewöhnlich die Decke des Gesteins und die untersten Schichten wohl durch Aufnahme toniger Bestandteile weicher werden. Das Liegende besteht wie bei Schkopau aus lockerem Quarzsand. An der

[1]) v. Koenen, Z. d. D. g. G. XIX, S. 21. v. Koenen beobachtete eine zweifache Struktur der Knollensteine: eine konzentrisch-schalige und eine horizontal parallele. (Die ersteren entsprechen wohl unseren konkretionären Knollensteinen).

[2]) Erläuterung zu Blatt Dransfeld.

[3]) Erläuterung zu Blatt Merseburg West. Berlin 1909.

[4]) Königreich Sachsen, Sektion Glauchau. . . . Knollensteine, die in der Regel an der Oberfläche durch dünne Inkrustate von ü n gerer Quarzsubstanz wie geätzt erscheinen.

Unterseite der Bänke finden sich bis handlange, zapfenartige Stiele, die vertikal in das weiche Liegende hineinragen, wie an der oberen Bank in Schkopau. Diesen eigentümlichen Übergang zum sandigen Liegenden finden wir in allen Gebieten immer wieder.

In der eben beschriebenen Weise hinsichtlich der Mächtigkeit und Lagerung traf ich die Quarzite zwischen Clobikau und Gräfendorf im Herbst 1909 an. Bei einem erneuten späteren Besuche waren die Quarzite fast vollkommen abgebaut. Also auch hier wird wiederum die Eigenart der Knollensteine bestätigt, in zungenartigen Bänken aufzutreten, nicht weit auszuhalten und nach ansehnlicher Mächtigkeit plötzlich zu verschwinden.[1]) Dafs diese Art des Auftretens bereits durch die Ablagerungsformen der lockeren tertiären Sande bedingt ist, wird später ausführlicher besprochen. In dem im Norden der Stadt Halle gelegenen Gebiet, das sehr reich an tertiären Tonen ist, besitzen die Knollensteine eine ansehnliche, flächenhafte Verbreitung, und zwar meist in Form zerklüfteter grofser Schollen und Bänke an der oberen Grenze der Kaoline.

In der Tongrube bei Sennewitz[2]) liegen die Braunkohlenquarzite über wasserundurchlässigem Ton und werden selbst noch von einem schwachen, sandigen Braunkohlenflöz bedeckt. Der Quarzit ist hier 0,20—1,0 m mächtig. Die ehemals zusammenhängende Bank ist stark zerklüftet; sie verjüngt sich bisweilen zwischen tonigem Material fast bis zum völligen Verschwinden, um sich bald wieder in früherer Mächtigkeit fortzusetzen. Über dem liegenden, reinen Ton folgt zunächst toniger Sand mit mittelharten Knollen, dann eine harte Quarzitbank von durchschnittlich 50 cm Stärke, die nach oben in tonigen Sandstein übergeht, der dann von einer schwachen Lettenschicht und einem sandigen Kohlenflöz überlagert wird. Die Quarzitbank enthält verschiedentlich

[1]) Sektion Merseburg-Ost (Siegert). „Wie wir (bereits) aus den benachbarten Gebieten wissen, treten Knollensteine sowohl in der liegenden wie in der hangenden Stufe auf. Sie müssen wohl in horizontaler Richtung verschiedentlich auskeilen und wieder einsetzen, als auch in verschiedenen Niveaus innerhalb derselben Stufe auftreten."

[2]) S. Fig. 5 im Anhang.

weichere, mittelharte Partien, deren geringere Härte durch tonige Beimengungen veranlafst zu sein scheint. Auch in den Tongruben an der Strafse nach Sennewitz finden sie sich über dem Ton anstehend als stahlharte quarzitische Linsen.

Die Kohle über dem Quarzit von Sennewitz finden wir mächtiger entwickelt in der nahen Braunkohlengrube Ferdinande. Die beiden Flöze gehen an einem Steilabhang unweit des Werkes zutage. Das Unterflöz wird unterlagert von braunen Sanden und Tonen, die in Einzelschächten abgebaut worden sind. Dabei wurden, wie in Sennewitz, Braunkohlenquarzitbänke von bedeutender Härte im oberen Niveau der Tone angetroffen.

Die Knollensteine fallen besonders hier durch die überall wiederkehrende Eigentümlichkeit auf, dafs die Kieselsäure an gewissen Stellen eiförmige Konkretionen bildet, die in dem kristallinisch homogenen Gestein Partien gröfster Härte darstellen.[1])

Im Christoph-Friedrich-Schacht bei Trotha tritt ebenfalls im Liegenden des ungestört horizontal lagernden Unterflözes eine einheitliche, zusammenhängende Decke von Braunkohlenquarzit bis 30 cm mächtig (gewöhnlich jedoch schwächer) auf. Nach Analogie der Lagerungsverhältnisse entspricht dieser Quarzit durchaus dem Sennewitzer Knollensteinhorizont. Nach oben und unten besitzt hier der Quarzit eine Sandsteinschale, so dafs nur der innere horizontale Kern wirklich quarzitisch ist. Das 3—7 m mächtige Unterflöz wird von folgenden Schichten unterlagert:

Braunkohlenflöz 3—7 m
Toniger Sand 0,20 m
Sandsteinartiger Knollenstein 0,05—0,10 m
Quarzitischer Knollenstein 0,10—0,30 m
Sandstein 0,10 m
Toniger Sand
Ton.

In der benachbarten Grube Frohe Zukunft ist dieselbe Schichtenfolge zu beobachten.

[1]) S. Fig. 3 und 4 im Anhang.

Während im Schacht Christoph-Friedrich nur ein Flöz und zwar das untere zur Ausbildung gekommen ist, sind im Albert-Schacht, der in demselben Grubenfelde liegt, 2 Flöze festgestellt. Nach Zincken sollen über dem Oberflöz Braunkohlensandsteine lagern, die jedoch seit langer Zeit nicht beobachtet worden sind, vielmehr finden sich im oberen Niveau des Oberflözes nur Verkieselungsprodukte in Form sehr grofser, starker Kieselhölzer, die zum grofsen Teil (wie in Gröbers) aufrecht in natürlicher Lage stehen und bis in den hangenden Sand hineinragen. Die umgebende Kohle zeigt keine Spur einer Verkieselung, ebensowenig die hangenden Sande, welche die Kieselstämme umgeben. Dafs in dem alten Abbau vor Zeiten in demselben Horizont auch Braunkohlensandsteine über dem Oberflöze vorhanden gewesen sind, ist sehr wahrscheinlich, da sich in dieser Höhe Kieselhölzer finden und aufserdem im benachbarten Carl-Ernst-Schacht bei Trotha Knollensteine angetroffen werden. Hier soll sich der Braunkohlensandstein streckenweise in einzelnen Schollen, besonders am Ausgehenden des Oberflözes finden. Nach dem Bohrprofil nimmt der Braunkohlensandstein eine Mächtigkeit von 1,48 m an, während die Kohle nur noch 0,2 m stark ist (also auch randliche Entwicklung).

Bohrloch der Grube Carl-Ernst bei Trotha am Ausgehenden der Kohle.

0,65	m	Mutterboden
2,45	„	Lehm
9,90	„	gelber Lehm, Letten
2,95	„	grauer steiniger Letten
1,48	„	Kohlensandsteine
0,20	„	sandige Kohle
2,30	„	fester Sand
1,50	„	brauner Sand
5,00	„	brauner Letten
1,10	„	schwarzer Sand
3,05	„	Kohle
0,25	„	Liegendes.

Weiter nach dem Innern der Mulde finden sich in demselben Horizont mächtige, verkieselte Baumstämme, oft in aufrechter Stellung. Auch hier reichen sie zum Teil bis in den hangenden Sand hinein, ohne dafs dieser, ebenso wie die Braunkohle, an der Verkieselung irgend welchen Anteil nehmen.

Besonders zahlreich treten Kieselhölzer bei Gröbers zwischen Halle und Leipzig auf. In den dortigen Grubenaufschlüssen stehen verkieselte quarzitisch harte Baumstümpfe in grofser Anzahl im obersten der drei Flöze. Eines der tiefsten Bohrlöcher hat nachstehende Schichtenfolge durchörtert:

1,00	m	Dammerde
2,35	„	gelber toniger Sand
1,20	„	Lehm
2,10	„	gelber Letten
3,80	„	grauer Letten
0,20	„	grauer Sand mit Wasser
3,05	„	grauer steiniger Letten
2,30	„	fester Kies
6,35	„	Kies
2,45	„	grauer Sand
1,20	„	unreine Kohle
4,45	„	**Kohle (mit den Kieselhölzern)**
5,20	„	brauner Sand
3,30	„	toniger Sand
3,60	„	Kohle
5,70	„	schwarzer toniger Sand
9,70	„	brauner sandiger Ton
9,30	„	Kohle
0,55	„	unreine Kohle
1,15	„	Kohle
2,65	„	sandiger Ton mit Kohlenspuren
3,85	„	heller grauer Ton.

Die Kieselstämme liegen sämtlich in einem Horizont, der durchgehend etwa $1\,^1/_2$ m von dem Liegenden des Braunkohlenflözes entfernt ist. Sie stehen bisweilen so dicht gedrängt, dafs sie nur durch $^1/_2$ bis 1 m Zwischenmittel von-

einander getrennt sind. Die Stümpfe zeigen eine Höhe von 0,50 bis 1,20 m und einen Durchmesser bis zu 60 cm. Die Stammstücke selbst liegen meist horizontal oder schräg nach oben und lassen sich zuweilen bis 10 m verfolgen. Während die Stümpfe meist quarzitisch hart sind, sind die Stammstücke gewöhnlich weich, lignitisch und nur an einzelnen Stellen stärker verkieselt. Die Stümpfe sehen meist völlig homogen und dicht aus, enthalten aber auch weichere Teile, bei denen die Holzstruktur deutlich hervortritt. Die verkittende Kieselsäure hat auch hier innerhalb der Baumstämme durch zentrale Anreicherung härtere, grofse Knollen gebildet. An frischen Bruchflächen parallel der Länge der Zellschläuche sieht man Tausende von glitzernden Kriställchen schimmern. Bei stark versteinerten Stümpfen verteilen sich diese Kriställchen meist gleichmäfsig durch die ganze Masse, während sich bei noch lignitischen Stämmen die Kieselsäure nur in gröberen Zellschläuchen abgesetzt hat. Die dichte Zementierung hört gewöhnlich bei 1 m Höhe des Baumstumpfes schnell auf, so dafs der Rest nur stellenweise verhärtet ist und in der Hauptmasse aus brauner, zerbröckelnder oder bastartiger Lignitmasse besteht. Die Stämme liegen in der Braunkohle derart, dafs es oft möglich ist, ihre einstige Zugehörigkeit zu einem bestimmten Kieselstumpfe festzustellen. Sie sind immer an der Stelle abgebrochen, wo die Stärke der Verkieselung plötzlich merklich nachläfst. Während die Stümpfe mit ihrer Wurzelseite fast in einem Horizonte stehen, lassen sich die schrägliegenden Stammstücke bisweilen bis zum Hangenden des Flözes verfolgen, oder liegen in verschiedenen Niveaus in wechselnder Richtung und ragen häufig sogar in das Hangende hinein. Die Stümpfe sind eingebettet in normal ausgebildete Kohle, die auch an den Berührungsflächen mit den Bäumen durchaus nicht verkieselt ist, wie aus ihrer lockeren Beschaffenheit und einigen von mir ausgeführten Analysen hervorgeht. Die Rinde ist an den Stämmen vielfach noch als lignitische, schwarze Masse erhalten, ohne jedoch durch Aufnahme von Kieselsäure zementiert zu sein. Da ich aufrecht stehende Kieselstümpfe immer wieder antraf, ohne die umgebende Kohle mit verkieselt zu finden, glaube ich für den Ver-

kieselungsvorgang bei diesen Baumstämmen andere Verhältnisse annehmen zu müssen, als für die an sich analoge Verkittung der Sande und Kiese zu Knollensteinen.[1]) Kieselsäurelösungen wurden von benachbarten Anhöhen in Wasser gelöst dem Braunkohlensumpf zugeführt. Das bei dem Lebensprozefs von den Bäumen aufgenommene und reichlich verdunstende und zu chemischen Umsätzen verbrauchte Wasser ergänzten die Bäume durch die Wurzeln und nahmen damit gleichzeitig die wahrscheinlich kolloidale Kieselsäure auf. Diese mufste sich allmählich in den Zellschläuchen derartig anreichern, dafs sie sich in Kriställchen absetzte und dadurch schliefslich die Zellschläuche verstopfte. Die Kieselsäure sammelte sich infolge ihrer Schwere besonders in den unteren Teilen der Bäume an, und so bildeten sich hier die ersten Kristallausscheidungen, die durch ihre chemische Verwandtschaft die immer wieder neu eindringende Kieselsäure in den unteren Partien festhielt.

Die Bäume begannen zu kranken und starben langsam ab, indem sie sich selbst von innen nach aufsen zu Stein verwandelten und standen infolge der erlangten Festigkeit vielleicht noch viele Jahre aufrecht. Inzwischen ging die Kohlenbildung weiter und bedeckte die Baumstümpfe bis zur Höhe von 1 m oder mehr.

Als dann die Bäume einer nach dem andern umbrachen, blieben die Stümpfe in der Kohle aufrecht stecken, während die Stammstücke je nach dem Fortschritt der Kohlebildung sich horizontal oder schräg auf dieser lehnten. Mit diesen Annahmen finden alle Erscheinungen bei den Kieselhölzern von Gröbers eine zusammenhängende Erklärung.

Bei Waldau (unweit Osterfeld) treten grofse Platten von Knollensteinen auf, die den Namen Teufelssteine führen.

Auf dem höchsten Punkte der östlich von Waldau gelegenen Anhöhe bilden sie zerklüftete abenteuerliche Gestalten.[2])

[1]) Über Verkieselungen in situ vgl. Dr. Otto Kuntze, Leipzig 1895, Geogenetische Beiträge. — Sterzel, Über verkieselte Araucaritenstämme aus dem Rotliegenden von Sachsen.

[2]) Die grofsen Trümmerfelder der tertiären Quarzite haben für verschiedene Gegenden Veranlassung zu allerlei Sagen gegeben. So sollen nach Zincken die Knollensteine von Schkölen ehemals von

Sie haben hier auf die Oberfläche dieses Gebietes einen bemerkenswerten Einfluſs ausgeübt, indem sie durch ihre groſse Härte die in ihrem Liegenden befindlichen weichen, tonig-sandigen Gesteine vor der Zerstörung durch die Abtragung geschützt haben.

Ursprünglich bildeten diese Platten eine zusammenhängende Decke: jetzt bestehen sie nur noch aus einzelnen Schollen, die bis zu 50 qm groſs sind. Das durch die Kluftflächen sickernde Wasser hat sie durch Unterspülung aus ihrer ursprünglichen Lage gebracht, so daſs sie allmählich nach den Gehängen abgesunken sind.

Unweit von hier keilen die Braunkohlenflöze des Werkes Waldau nach einer nahen Anhöhe aus, wo der wiederum besonders randlich sehr mächtig entwickelte Braunkohlenquarzit in einigen Aufschlüssen zu Tage tritt und zu technischen Zwecken gebrochen wird.

Das Liegende wird hier von wasserundurchlässigen Tonen gebildet, ein Umstand, der auf die Ausbildung des Quarzites zu zusammenhängenden Bänken vielleicht von Einfluſs gewesen ist.[1]) Der Quarzit ist in der Nähe des Liegenden am härtesten und wird nach oben fortschreitend allmählich weicher, so daſs sich etwa diese Schichtenfolge ergibt:

a) Gelbbrauner Lehm mit Quarzgeröllen,
b) 2 m weiſser Quarzsand mit rotem Flammenstreifen,
c) weiſser wenig verhärteter Quarzsand,
d) weicher Sandstein mit vielen langen Röhren (die Härte nimmt nach unten allmählich zu),
e) sehr fester Quarzit,
f) toniges Liegendes.

Die etwa 30 m tief abgebaute Braunkohle lagert auf wenig mächtigem, quarzitischem Sandstein, der nach unten zunächst in lockeren Sand übergeht, auf den entsprechend

Teufeln als Wurfgeschosse zerstreut worden sein. — Die Teufelssteine bestehen im oberen Niveau aus eigroſsen Milchquarzgeröllen, die in einem kleinkörnigen Material eingebettet sind.

[1]) Vgl. das Kapitel „Über den Vorgang der Verkieselung".

den Lagerungsverhältnissen des randlichen Quarzites nach unten Tone folgen dürften.

Aufschlüsse im Königreich Sachsen.

Vom östlichen Thüringen lassen sich die Knollensteine nach dem Königreich Sachsen verfolgen, wo sie ebenfalls weit verbreitet sind. Sie begleiten die Tertiärablagerungen oder finden sich als Reste zerstörter Sedimente der Braunkohlenformation in den Absätzen der Eiszeit und alluvialen Flufsschottern und auch freiliegend.[1]) Ihr Hauptverbreitungsgebiet kennzeichnet sich durch ein breites Band, das durch die Orte Leipzig, Zwickau, Königswartha und Neustadt bestimmt wird.

Dieses Vorkommen der Knollensteine im Leipziger Flachlande und im nordsächsischen Hügellande setzt sich in einem schmalen Streifen nach Süden über Stolberg und Elterlein fort und führt zu einigen vereinzelten Knollensteinblöcken auf der Höhe des Erzgebirges, im Bereich der Sektionen Johann-Georgenstadt, Wiesental und Kupferberg. Die übliche Einteilung gliedert das Unteroligozän in

a) eine untere Stufe der Kiese, Sande und Tone,
b) das Hauptbraunkohlenflöz,
c) eine obere Stufe der Kiese, Sande und Tone.

Wegen der Häufigkeit der Knollensteine in der liegenden Stufe wird diese auch als Knollensteinzone bezeichnet.

Zur Zeit sind anstehende Braunkohlenquarzite dieser unteren Stufe günstig aufgeschlossen im Gebiete der Sektion Wurzen. Bei Schmölen (im Steinbruche des Herrn Hauptmanns Dr. Schulz) liegen sie in einzelnen Schollen oder zusammenhängenden, zerklüfteten Bänken, auch als einzelne Blöcke im oberen Niveau der Tone und erreichen eine Mächtigkeit von 1—3 m. Da, wo das Braunkohlenflöz an den Muldenrändern sich verjüngt oder ganz auskeilt, sind sie am stärksten ausgebildet, und zwar an den höchsten

[1]) Von den 156 Blättern der Kgl. Sächs. Geol. Landesaufnahme beschreiben mehr als 60 Erläuterungen das Vorkommen, die Lagerung und die petrographische Beschaffenheit der Knollensteine.

Rändern oft als geschlossene Bänke, die sich nach dem Innern der Mulden in zungenartige Bänder auflösen und dann oft ganz verschwinden, um feinen Tonen zu weichen. Sie entsprechen ehemaligen lockeren Sandlinsen, Zungen und Nestern innerhalb der vorwiegenden Tonmassen.

Die Knollensteine werden aufserdem noch an zahlreichen anderen Stellen der Sektion technisch gewonnen und als Material zur Herstellung feuerfester Dinasgesteine verwendet. Sie besitzen an frischen Bruchflächen eine bläuliche Farbe, die dann gewöhnlich eine bedeutende Härte verrät. Ihr Grundmaterial besteht aus bis 5 mm grofsen Quarzkörnern (zum Teil mit tonigen Beimengungen), die durch ein sehr reichliches Kieselsäurezement verbunden sind. Auch enthalten sie die schon früher erwähnten Löcher und Wurzelabdrücke, doch hier in beschränktem Mafse.

Ähnliche Verhältnisse bieten sich in Zachmanns Steinbruch bei Ölschütz. Hier fanden sich auch kleinere Knollensteinindividuen von Nufs- bis Eigröfse in einem stark tonigen Sande als horizontale Verbindungsglieder der gröfseren Schollen.[1])

Noch mächtiger sind die Quarzitbänke bei Zeititz in den Tongruben der Arnimschen Werke. Nach den Tonen zu werden sie weicher und gehen mit flacher, wulstiger Fläche in diese über.[2]) Das Gestein wird nach innen bald dunkel und stahlhart, während die äufsere Schale durch Aufnahme weifser toniger oder kaolinischer Beimengungen heller gefärbt ist. Sie sind als mächtige Schollen ausgebildet, die miteinander durch Übergänge in Gestalt von kleinen Quarzitknollen verbunden sind. An frischen Bruchflächen ist eine zentrale Anreicherung der Kieselsäure zu konkretionären Kugeln zu erkennen. Die Quarzite finden sich hier wiederum am Ausgehenden des stark lignitischen Braunkohlenflözes im oberen Niveau mächtiger

[1]) Königreich Sachsen, Sektion Wurzen (F. Schalch): „Bald sind diese Knollensteine nur faustgrofs und besitzen die Gestalt nierenförmiger oder traubiger Aggregate von Sphäroiden oder wulstiger Zapfen, bald stecken sie in Form gewaltiger Klötze und Platten in den Sanden . . .“

[2]) S. Fig. 7 im Anhang.

Tone, die durch Führung von Geröllen ihre Herkunft aus umgelagertem Material verraten.

Die Bohrungen auf der Sohle der Braunkohle bis zu 15 m fanden in den unteren Sanden keine Knollensteine mehr, sondern nur stofsweise milde Sandsteine, die vielleicht als die letzten Ausläufer der Knollensteinbildung anzusehen sind.

Zwei Verkieselungszonen übereinander kommen in den Tonen der unteren Stufe bei Colditz vor. In dem etwa 15 m hohen Aufschlufs werden fette Tone abgebaut, die nach oben sandig werden. Der untere Knollensteinhorizont liegt unmittelbar über den fetten Tonen, da, wo diese allmählich in Sand übergehen. Die Steine sind oft nur mittelhart, erlangen jedoch zuweilen quarzitische Härte, so dafs sie zur Strafsenpflasterung benutzt werden können. Sie sind unregelmäfsig gestaltet, bis zu 3 m hoch und tragen grofse Buckel und Zapfen. Ihre Formen entsprechen unregelmäfsigen Sandlinsen, die oft durch Tone verjüngt oder ganz verdrängt werden, so dafs sich keine zusammenhängende Bank, sondern nur einzelne nebeneinanderliegende Blöcke bilden konnten. Im Hangenden treten in mannigfachem Wechsel Tonlinsen, Sandnester und Kiesschichten übereinander auf. Etwa 6 m von dem unteren Quarzithorizont entfernt findet sich die zweite Bank, die aus einem äufserst hart verkieselten groben Konglomerat besteht. Sie läfst sich 7—8 m weit in horizontaler Richtung verfolgen und wird etwa 60 cm mächtig. Sie entspricht einer Geröllzunge, die an dem steilen Abhang im Querschnitt aufgeschlossen ist. Bei beiden Horizonten zeigt sich somit die Ausdehnung der Quarzitbildung bereits durch die ursprünglichen Ablagerungsformen der verkieselten Sedimente bedingt.[1])

Denn die dichten Tone, welche die sandigen und konglomeratischen Sedimentzungen einschliefsen, gestatteten der eindringenden Kieselsäurelösung nur bis zur Grenze zwischen Sand (resp. Konglomerat) und Ton vorzudringen (d. h. zu zementieren).

Ein weiteres Vorkommen, das die randlich besonders mächtige Entwicklung des Quarzites erkennen läfst, bietet

[1]) S. Fig. 8 und 9 im Anhang.

das Ausgehende der Braunkohle, die in der Grube „Glückauf“ zu Wüstungsstein bei Lausigk abgebaut wird.

Die Schichtenreihe ist hier etwa folgende:

Diluviale Kiese
tonige Sande mit Tonnestern
grobe Sande
schwaches Braunkohlenflöz (1 m)
$^3/_4$ m toniger Sand,
Hauptflöz (10 m)
brauner Sand ($^3/_4$ m)
Stein bis 1 m

Während die als Stein bezeichnete Schicht unter dem Hauptflöz kaum mittelhart wird, ist sie am Ausgehenden der Kohlen oft quarzitisch und breitet sich zuweilen deckenartig über dem liegenden Tone aus, so dafs sie bei dessen Gewinnung oft erhebliche Schwierigkeiten bereitet.

Sehr interessante Verhältnisse bieten die Aufschlüsse im sächsischen Hauptflöz in der Leipzig-Dölitzer Braunkohlengrube bei Dölitz, da hier die Verkieselung nicht wie sonst in der Regel in der liegenden Stufe, sondern in einem höheren Horizont, nämlich innerhalb des Flözes selbst erfolgt ist. Bemerkenswert ist ferner, dafs in diesem Horizont drei verschiedene Verkieselungsprodukte zugleich nebeneinander auftreten, nämlich verkieselte Sande, Braunkohlen und Hölzer. Während sich die Quarzite nur sporadisch und zungenartig mehr am Rande des Kohlenbeckens finden, kommen die verkieselten Kohlen als analoge Gebilde in schmalen Zonen mehr nach dem Innern desselben vor.

Die verkieselten Kohlen zeigen wie bei den Knollensteinen ebenfalls die Eigentümlichkeit der Kieselsäure, sich innerhalb der organischen Substanz zu einzelnen grofsen Kugeln zusammenzuballen.

Unweit von hier finden sich in der Braunkohlengrube zu Kulkwitz bei Markranstädt verkieselte Kohlen und Lignite ebenfalls im oberen Niveau des etwa 14 m mächtigen Braunkohlenflözes.

Auch über dem sächsischen Hauptflöz, also in der oberen Stufe der Sande und Tone haben sich Braunkohlen-

quarzite als harte Schollen gebildet, wie durch Bohrungen in dem Wurzener Grubenfelde festgestellt worden ist. Herr Zachmann in Wurzen gibt für dieses Vorkommen folgende durchschnittliche Schichtenfolge an:

0,25 m Ackerboden
0,70 „ schwarzer Boden
5,10 „ trockener Sand
3,80 „ nasser Sand mit Steinen
2,40 „ Ton mit Quarzitsteinen
2,20 „ Ton
1,30 „ Kohle
0,20 „ Ton
3,57 „ Kohle
Liegendes Kaolin, beziehentlich Porphyr

Da nach K. Walther in der Leipziger Gegend auch miozäne Knollensteine anstehend vorkommen, haben wir im Königreich Sachsen insgesamt fünf verschiedene Horizonte in den verschiedensten Stufen kennen gelernt.[1])

Die Braunkohlenquarzite von Nordböhmen.

Die vereinzelten von der Abtragung verschont gebliebenen Braunkohlenquarzite auf der Höhe des Erzgebirges leiten hinüber zu den ausgedehnten Knollensteinvorkommen im Tertiär des nordböhmischen Egergrabens.

Die tief versenkten Braunkohlenablagerungen dieses Gebietes besafsen früher eine wesentlich gröfsere Verbreitung. Sie standen wahrscheinlich in Zusammenhang mit den sächsischen und reichten jedenfalls noch beträchtlich weiter nach Süden. Als letzte Reste treten vielfach zerstreut Braunkohlenquarzite auf, z. B. im Mittelgebirge und südlich der Eger zwischen Falkenau und Karlsbad bis auf die Höhen des Kaiserwaldes.

Diese Denudationsreste zeigen sämtlich die bereits früher geschilderten Eigentümlichkeiten solcher Gebilde bezüglich ihrer Härte, Struktur, Form und Glasur. Im Bereich der Braunkohlenablagerungen des Erzgebirges finden sich Knollen-

[1]) Karl Walther, Das Tertiär zwischen Bürgel und Camburg.

steine nur im Teplitzer und im Karlsbad-Falkenauer Becken, während sie im Egerbecken fehlen und an ihrer Stelle lockere unverkittete Sande auftreten.

Die Braunkohlensandsteine des Teplitzer Beckens, die nach Stur[1]) mitteloligozänes Alter besitzen, treten teils an der Basis des Tertiärs auf, teils bilden sie Einlagerungen im unteren plastischen Ton. Wie bereits Laube[2]) erwähnt, enthält der Braunkohlensandstein nur stellenweise harte quarzitische Bänke eingelagert, oder aber er besteht aus mächtigen geschlossenen Partien von Quarzit.

Obwohl zahlreiche Schächte und Tagebaue zur Gewinnung der Braunkohle überall ausgezeichnete Aufschlüsse geschaffen haben, ist es doch sehr schwierig, im Innern des Beckens diese liegendsten Schichten des Tertiärs zu studieren, da es der Abbau wegen der von unten zusitzenden Wasser vermeidet, in das Liegende der Kohlenflöze einzudringen. Im Norden des Beckens treten die Braunkohlensandsteine längs des Erzgebirgsabbruches in mächtigen Bänken zu Tage und werden in zahlreichen Steinbrüchen, z. B. bei Strahl, Klostergrab, Ossegg abgebaut.

Unweit Ossegg stehen die Braunkohlensandsteine in riesenhaften, zerklüfteten Felsbänken an, von denen die Salesiushöhe eine der höchsten ist. Sie bestehen meist aus mächtigen Bänken von mittelhartem Sandstein mit grobkörnigem Grundmaterial und verdienen in ihrer Gesamtheit eigentlich nicht den Namen Knollensteine oder Quarzite; vielmehr bilden die zerstreut liegenden Blöcke auch hier die spärlichen Reste einer durch die Verwitterung bewirkten intensiven Auslese der wenigen quarzitischen Gebilde.

Wie im Teplitzer Becken treten die Knollensteine auch im Karlsbad-Falkenauer Becken wieder randlich mächtiger entwickelt auf. Die in den grofsen Brüchen zwischen der Stadt Karlsbad und der Eger gewonnenen Gesteine bestehen aus mittelharten Sandsteinen und Quarziten, denen glimmer-

[1]) Vgl. Stur, Studien über die Altersverhältnisse der nordböhmischen Braunkohlenbildung.

[2]) G. Laube, Geol. Exkursionen im Thermalgebiet des nordwestlichen Böhmens. Leipzig 1884.

reiche, tonige und konglomeratische Schichten eingeschaltet sind. Die Zwischenräume der groben, dem Karlsbader Granit entstammenden Quarztrümmer sind häufig nicht durch Kieselsäure ausgefüllt, vielmehr erscheinen die Quarze oft nur mit einem goldbraunen Lack überzogen. Diese Erscheinung läfst sich durch die Annahme erklären, dafs die verkittende Kieselsäurelösung rasch durch das grobe Material wie durch einen weitmaschigen Filter durchgeflossen ist. Die untersten Schichten sind in der Regel am härtesten und quarzitisch ausgebildet. Bisweilen finden sich sackartige Einlagerungen von lockerem weifsem, völlig unzementiertem Quarzsand.

Ein Blockmeer freiliegender Braunkohlenquarzite befindet sich in der Nähe von Karlsbad auf den Dallwitzer Anhöhen. Eine ehemals zusammenhängende Bank ist hier durch sekundäre Zerklüftung in einzelne Blöcke aufgelöst und bedeckt in einem riesigen Trümmerfelde eine nach dem Egertale zu abfallende Anhöhe. Die Blöcke sind etwa 1 m mächtig; unten sind sie toniger als in den oberen Schichten und besitzen daher hier eine rauhere Oberfläche, während sie oben mit glatter, glänzender Politur versehen sind. Das Liegende wird von stark tonigen Sanden gebildet, die zahlreiche grofse Quarze des Karlsbader Granites enthalten.

Der Zufluſs von verkittender Kieselsäure hat sich auch hier zum Teil während der Bildung der Braunkohlen fortgesetzt, so dafs sich auch hier verkieselte Baumstümpfe finden. Sie kommen, wenn auch nicht so zahlreich wie bei Gröbers, in dem Tagebaue von Fischern bei Karlsbad vor. Die etwa $1^1/_2$ m hohen Stümpfe, im ganzen fünf, befanden sich innerhalb des 20 m mächtigen Braunkohlenflözes etwa 5 m vom Liegenden der Kohle in einem Horizont. Ihr Durchmesser betrug 2 m. Sie stehen auch hier aufrecht und sind äufsert hart, doch waren sie nicht durchgehend gleichmäfsig silifiziert, sondern bestanden zum Teil auch aus kohliger und lignitischer Masse. Von den Stämmen selbst ist keine Spur erhalten. Die verkieselten Stümpfe machten daher den Eindruck gewaltiger, rundlicher Quarzitblöcke, die wie Fremdkörper ohne Beziehungen zur Kohle auftraten.

Auch in dem sich anschliefsenden Falkenauer Becken sind die Braunkohlenquarzite wieder randlich mächtig entwickelt und zwar besonders in den wegen ihrer Fossilführung in der Literatur schon öfters beschriebenen Steinbrüchen von Alt-Sattel. Abdrücke von Blättern sind hier massenhaft eingelagert, ja manche Blöcke sind ganz damit erfüllt. Auch mürbes lignitisches Holz ist vielfach darin vorhanden. Dieses ist jedoch meist nur oberflächlich inkrustiert oder schwach verkieselt. Im Gegensatze zu den Kieselstümpfen in Gröbers liegen sie horizontal. Die einzelnen bis 1 m langen Stücke scheinen im frischen Zustande der mechanischen Verkittung widerstanden zu haben und sind anscheinend nur dann härter zementiert, wenn sich ihr Porenvolumen durch den Zerfall der Gewebe vergröfsert hatte. Gänzlich unverkieselte grofse Stücke von Lignit sind nachträglich zerfallen und haben meist horizontale, lagerartige Hohlräume hinterlassen, die dem Abdruck der einstigen Form des Holzes entsprechen und etwas kohlenartige Massen enthalten. Dieses Alt-Satteler Gestein ist petrographisch sehr verschiedenartig ausgebildet.[1]) Meist sind es feine, körnige, mittelharte Sandsteine mit Einlagerungen hornsteinartigen Quarzites.[2])

Nach dem Innern der Mulde sinkt der Sandstein unter die aufgelagerten Tone oder bildet auf kurze Erstreckung das Liegende der Braunkohlen. Jedenfalls nimmt seine randliche Mächtigkeit schnell ab. Durch Befahren zahlreicher Braunkohlengruben im Falkenauer Becken konnte ich feststellen, dafs unser Gestein im Innern des Beckens unter der Braunkohle oft völlig fehlt und nur in kurzen, nicht weit aushaltenden Bänken vorkommt.

Unter dem einzigen Flöze, das auf der Grube Caroli-Johanni bei Janessen abgebaut wird, lagert Braunkohlen-

[1]) Reufs. „. . . Fehlen der Braunkohlensandsteine im Egerer Becken oder sie werden doch nur an den Rändern des Beckens durch lockeren Quarzsand und vereinzelte Blöcke von Sandstein und Konglomerat vertreten.“

[2]) Die staubartige Feinheit der Sande, in denen die Blätter in ganzen Nestern angehäuft sind, läfst auf eine Zusammenwehung des Materials durch Wind schliefsen.

quarzit in einzelnen Blöcken. Er bildet keine durchgehende Bank, sondern ist häufig durch tonigen Quarzsand oder reinen Ton unterbrochen.

Die Schichtenreihe ergibt sich aus nachstehendem Profil:

3,80 m Dammerde
1,00 „ Schotter
4,10 „ Schieferton
6,20 „ Braunkohle
0,20 „ Letten
brauner Sand, Sandstein oder Quarzit, zum Teil fast reiner Ton.

Ähnlich ist die Schichtenfolge auf der Grube Union II, wo der Quarzit ebenfalls nur an einzelnen Stellen zu finden ist. An einem Abbaupunkte der Grube verfolgte ich Sandstein und Quarzit auf eine Erstreckung von 20 m; unter dem Quarzit lagerte loser Sand.

Im Katharina-Schacht traf ich dieselben Verhältnisse wie auf Union II, ebenso im Poldischacht. Hauptsächlich lagert die Kohle auf Ton. Eine Quarzitlinse von 30—50 cm Stärke liefs sich hier einige Meter weit beobachten. Das Gestein ist im allgemeinen quarzitisch, in der Mitte am festesten und geht nach oben sowie nach unten allmählich in mittelharten Sandstein über.

Die Knollensteine von Hessen.

Die Braunkohlenbildungen von Niederhessen gehören teils zum Miozän, teils zum Oligozän. Oligozänes Alter besitzen die Braunkohlenquarzite von Kaufungen.

In der Grube Mittelthal ist folgende Schichtenreihe aufgeschlossen:

1,00 m gelber Lehm
19,10 „ blauer Ton
4,20 „ Kohle
2,50 „ grauer Ton
2,60 „ Kohle
0,70 „ grauer Ton
6,90 „ Kohle
0,06 „ Quarzit (nicht durchsunken).

Dieser Quarzit wird bis 1 m mächtig; er ist ausnahmsweise sehr hart und scheint zwar randlich am mächtigsten entwickelt zu sein, setzt sich aber nach dem Muldeninnern ziemlich weit fort. Zuweilen wird er durch tonige Sande vertreten. An der Berührungsfläche mit der hangenden Kohle wird er weicher. In den benachbarten Tertiärablagerungen bei Grofsalmerode (am Hirschberg) sind vier Verkieselungshorizonte übereinander bekannt, von denen der untere dem Oligozän, die drei oberen dem Miozän angehören (man vergleiche hierzu die von Moesta und Beyschlag gegebenen Profile in den Erläuterungen zu Blatt Grofsalmerode). Die Schichtenfolge beginnt mit lockeren Sanden, die zum Teil zu Quarzit verhärtet sind. In dem zweiten bereits dem Miozän angehörenden Braunkohlenflöz stehen zahlreiche senkrechte verkieselte Baumstämme mit den Wurzeln nach unten, also in natürlicher Stellung. Ihr Durchmesser beträgt $1^1/_2$ bis 2 m, ihre Höhe gewöhnlich bis 2 m. Von dem übrigen Teil der Stammstücke fehlt jede weitere Spur. Diese versteinerten Stümpfe sind aufserordentlich hart. Im unverwitterten Zustande sind sie schwarzbraun oder bläulich und zeigen splitterigen Bruch. Die Zwischenräume der Jahresringe sind mit zierlichen Quarzkristallen ausgekleidet.

Das nun folgende lignitische Braunkohlenflöz enthält einzelne schwach verkieselte Partien.

Die Hauptverkieselung bietet der oberste aus Knollensteinbänken Trappquarz (bestehende) Horizont, der 0,3 bis 1,3 m mächtig wird. Der Quarzit ist meist sehr hart, doch enthält er stellenweise lockeren unverkitteten Sand, wie an einzelnen zu Tage gehenden Blöcken verschiedentlich zu beobachten war.

Am Meifsner beginnen die dem Miozän angehörigen Tertiärbildungen mit etwa 15 m mächtigen Sanden, deren obere Lagen bis 1 m tief zu mittelharten Knollensteinen verkieselt sind. Diese Braunkohlenquarzite bilden keine zusammenhängenden Bänke, sondern treten in einzelnen Schollen auf. Das darüber folgende Braunkohlenflöz enthält zahlreiche verkieselte Hölzer.

Knollensteine miozänen Alters finden sich dann weiter im Habichtswald. Die von Ebert[1]) als Knollensteine bezeichneten Gebilde im Liegenden des Braunkohlenflözes der Grube Herkules sind mittelharte Sandsteine, die nur im Innern etwas härter werden. Sie bestehen aus stark tonigem staubfeinem Quarzsande und enthalten dünne vertikale Wurzelröhren und Abdrücke. Bei der Verwitterung, der sie sehr rasch erliegen, zerfallen sie zu rundlichen Schollen. Diese Gebilde sind nur wenig oder überhaupt nicht durch Kieselsäure verhärtet und verdienen nicht die Bezeichnung Knollensteine oder Quarzite.

Ganz anders ausgebildet sind dagegen die typischen riesenhaften Knollensteinblöcke am Schlosse Wilhelmshöhe, die alle bezeichnenden Eigentümlichkeiten der Knollensteine in sich vereinigen.

Miozän sind ferner die bis 1 m mächtigen Quarzite am Brunsberge bei Dransfeld, die als Decke äufserst feinkörniger Quarzsande auftreten. Das sehr harte und dichte Gestein bricht mit sehr scharfen Kanten und muschliger Fläche. Es ist deutlich kantendurchscheinend, ein Zeichen seiner homogenen, glasigen Beschaffenheit, die ich sonst nirgends wiederfand.

Die Knollensteine finden sich in Niederhessen und in den angrenzenden Gebieten sowohl im Oligozän als auch im Miozän noch an vielen anderen Stellen, wie aus der zahlreichen Literatur hervorgeht.

Die tertiäre Landoberfläche und die Ablagerungsformen der Sedimente.

Die zerstreut auftretenden und anstehenden Knollensteine bestanden in den von mir behandelten Gebieten meist aus mittelkörnigen Quarzsanden. In nur geringem Umfange waren es grobe Kiese und Konglomerate. Auch tonige Beimengungen mischten sich dem Grundmaterial bisweilen ein und hatten dann bei den zerstreuten Knollensteinen

[1]) Ebert, Die tertiären Ablagerungen der Umgebung von Kassel. Göttingen 1882.

eine undeutliche „Glasur“ und im allgemeinen eine geringere Härte der verkieselten Sedimente zur Folge.

Auf der oft fast ebenen, flachwelligen, tertiären Landoberfläche veranlafste ein tropisches oder subtropisches Klima eine tiefgründige Verwitterung aller Gesteine.

Reichliche Regengüsse verfrachteten den Verwitterungsschutt von den geringen Anhöhen in die flachen, muldenförmigen Niederungen.[1]) Mit zunehmender Einebnung des Geländes nahm die Transportgeschwindigkeit der „Schwemmgebirgssteine“ andauernd ab. Grofse Flächen bedeckten sich mit sumpfigen Wäldern, die, in dem feuchten, warmen Klima üppig gedeihend, das Material zur Bildung der Braunkohlen lieferten. In diesem Stadium der Oberflächengestaltung hörte der Sedimenttransport nach den Braunkohlensümpfen fast völlig auf, wie aus der Reinheit der Braunkohle, d. h. dem Fehlen von Sanden und Tonen hervorgeht. Nur hin und wieder zieht sich ein schwacher Lettenstreifen (z. B. bei Gröbers, Grube Fischern bei Karlsbad) durch die Braunkohlenschichten und berichtet von flächenhaften Überschwemmungen, die sandige Tone zurückliefsen. Bei dem Transport des Verwitterungsschuttes von den Erhebungen nach den tertiären Mulden fand durch das fliefsende Wasser eine oft deutlich ausgeprägte Sortierung statt. Am Fufse der Hügel und Berge erlahmte die Transportkraft des Wassers bald, und hier finden wir in gewissen Gebieten die verhältnismäfsig schwersten Produkte der Verwitterung, von grobkörnigen Kiesen bis zu feinen Quarzsanden. Die leichtesten Bestandteile, winzige Quarz- und Glimmerschüppchen und feine Tone, wurden vom Wasser weiter nach den Muldentiefen getragen.[2])

Solange gleichmäfsige Regengüsse diese Sortierung bewirkten, fielen an bestimmten Stellen die unter sich gleich schweren Sedimente nieder. Die Veränderung des Gefälles und der Wechsel schwacher Regengüsse und starker Wolkenbrüche hat dann bisweilen die Sedimente von neuem auf-

[1]) Sektion Merseburg-Ost (Siegert). „Zu Beginn der Oligozänzeit war unsere Gegend schon sehr eben.“

[2]) Natürlich konnten besondere Verhältnisse diesen Vorgang mannigfach variieren.

gewühlt und durcheinander gewürfelt. Das Wasser erzeugte nicht nur am Rande der Mulden einen zonaren Streifen mächtiger Quarzsande, sondern bildete von diesen aus auch langgestreckte Zungen von Sandbänken oder Sandlinsen und Nestern, die der Richtung der Wasserflüsse entsprechen.[1]) Die Querschnitte solcher Sandzungen sind in zahlreichen Aufschlüssen, besonders des Königreichs Sachsen, günstig zu beobachten. (Querschnitte in Fig. 8 und 9.)

Für das Auftreten der Knollensteine war es bezeichnend, dafs sie in Bänken oder in einzelnen Blöcken besonders randlich entwickelt sind und oft in zungenartiger Erstreckung sich finden und dann häufig nach ansehnlicher Mächtigkeit fast unvermittelt auskeilen und verschwinden. Den Grund für diese Art und Weise des Vorkommens der Knollensteine braucht man nicht in Verwerfungen oder Gebirgsstörungen zu suchen, sondern ihr Auftreten ist bereits durch die Ablagerungsformen der Sedimente bedingt, da die Kieselsäure bei der Verkittung der Sedimente reine Quarzsande gegenüber dem tonigen Material bevorzugte.[2]) (Vgl. Credner.)

Die Herkunft der zementierenden Kieselsäure und der Vorgang der Verkittung.

Über die Herkunft der Kieselsäuremengen, welche die Verkittung der tertiären Sedimente veranlafst haben, sind in der Literatur wenig Angaben zu finden;[3]) es wird meist nur gesagt, dafs ursprünglich lose Sande durch ein Kieselsäurezement verfestigt sind. Einige Forscher nehmen an dafs kieselsäurehaltige Quellen das Bindemittel geliefert haben. Auch ist wiederholt angeführt worden, dafs die verkittende Kieselsäure ein Produkt der intensiven tertiären Verwitterung sei, die in dem warmen, feuchten Klima durch Moorwässer veranlafst wurde.

[1]) S. Fig. 8 und 9 im Anhang.

[2]) Auf diese Erscheinung weist bereits Credner hin. Heinrich Credner, Übersicht der geographischen Verhältnisse Thüringens und des Harzes. Gotha 1843. „Je mehr die lockeren Lagen von Sand vorherrschen, um so überraschender ist das Vorkommen äufserst festen Quarzfelses und Quarzsandsteins."

[3]) Ewald Wüst, Die Geologie des östlichen Harzvorlandes.

Wir wissen, dafs feldspathaltige Gesteine durch Humusstoffe zersetzt werden, indem aus den Feldspäten tonige Produkte (Kaoline u. a.) entstehen. Nun fehlen Tone nie in den tertiären Ablagerungen der behandelten Gebiete und treten in grofser Mächtigkeit besonders dort auf, wo auch anstehende Braunkohlenquarzite weit verbreitet sind. (Halle, Kaoline von Sennewitz und Morl, Karlsbader Becken = Tone von Zettlitz, Grofsalmerode, vier Verkieselungshorizonte = sehr mächtige feuerfeste Tone.)

In Sachsen enthalten die Knollensteine sogar verschiedentlich kaolinische Beimengungen oder auch halbzersetzte, ausgebleichte Feldspäte.[1])

Nach der schematischen Formel[2]):

$K_2Al_2Si_6O_{16} + 2H_2O + CO_2 = H_4Al_2Si_2O_9 + K_2CO_3 + 4SiO_2$

entstehen bei der Zersetzung von Feldspäten vier Moleküle Kieselsäure, der wohl eine kolloidale Beschaffenheit und Wasserlöslichkeit zugesprochen werden darf.[3]) Wenn aus verwitterndem Feldspat 100 kg Ton von der obigen Zusammensetzung gebildet werden, so entstehen gleichzeitig etwa 93 kg Kieselsäure.

Wo ist diese Kieselsäure nun geblieben? Wir haben gesehen, dafs die tertiäre Landoberfläche eine Fastebene war, auf deren geringem Gefälle die Regenwässer langsam flossen und ihre Sedimente sortierten. Was ist natürlicher, als bei diesen Verhältnissen anzunehmen, dafs diese riesigen Kieselsäuremengen es gewesen sind, die bei der Umlagerung in den Sanden stecken blieben und diese mehr oder weniger stark verfestigt haben? Auch die bei der Verwitterung entstehenden Eisensalzlösungen[4]) wurden auf dem flachen

---

[1]) Königreich Sachsen, Sektion Annaberg, Sektion Lausigk: tertiäre Sande mit teilweise zersetztem Feldspat, ebenso Sektion Bischofswerda, desgleichen am Pöhlberg, auf Sektion Dahlen (hier enthalten die Quarzite Pünktchen oder Knöllchen von Kaolin); die Knollensteine von Halle enthalten angewitterte Feldspäte.

[2]) Vgl. Victor Selle, Über Verwitterung und Kaolinbildung Hallescher Quarzporphyre.

[3]) In dieser kolloidalen, suspendierten Form sind wahrscheinlich grofse Mengen von Kieselsäure im Wasser löslich.

[4]) Quarzite mit eisenschüssigem Bindemittel finden sich auch auf Blatt Melsungen, bei Bürgel, auf Blatt Stölsen; vgl. auch Credner,

Gelände nicht in grofsen Systemen entwässert, sondern reicherten sich häufig auch derartig an, dafs sie Kiese und Sande zu äufserst harten Blöcken zusammenfritteten, oft zugleich mit dem Kieselsäurezement.

Die randlich abgelagerten Quarzsande wurden von dem mit Kieselsäurelösungen beladenen Wasser am meisten überflutet und auf diese Weise am intensivsten mit dem Bindemittel in Berührung gebracht. Hier wurde die Kieselsäure teils mechanisch durch Adhäsion zwischen den einzelnen Quarzkörnchen gleichsam wie in einem Filter festgehalten, teils durch die chemische Verwandtschaft zu den Quarzsanden angezogen. So bildeten sich randlich die grofsen Quarzitbänke, die wir allerorts gefunden haben.

Nach den Muldentiefen zu verkieselten besonders die von den Rändern ausgehenden Zungen reiner Quarzsandablagerungen.

Auf dem Wege nach den Tiefen der flachen Depressionen sickerte das Wasser immer mehr im Boden ein, und in häufigen Fällen erreichte es die tiefsten Punkte oberflächlich überhaupt nicht. Somit konnte auch die an das Wasser gebundene Kieselsäure nicht bis dahin gelangen, und daher finden sich die Verkieselungen hier nur sporadisch.

Für die Ausbildung der Knollensteine zu ganzen Schollen resp. zu einzelnen Klumpen ist aufser dem Tongehalt und dem Porenvolumen besonders die hydrologische Beschaffenheit der zu verkittenden Sande und Kiese von Bedeutung gewesen. Diese Quarzsande konnten durchfeuchtet oder trocken sein. Wenn sie bereits mit Wasser durchtränkt waren, so verteilte sich die hinzukommende Kieselsäurelösung gleichmäfsig durch die ganze Sandmasse und es bildete sich eine einheitliche Bank von Quarziten. Eine solche primäre Durchfeuchtung wird besonders überall da angenommen werden können, wo den Sanden im Liegenden wassertragende Tonschichten folgten. Wenn manche Geologen glauben, dafs Knollensteine sich besonders in Sanden über wasserundurchlässigen Schichten gebildet haben, so finde

Das Oligozän des Leipziger Kreises, ebenso Karl Walther, Das Tertiär von Bürgel, ebenso Sektion Grimma.

ich diese Ansicht nur für die Ausbildung der Knollensteine zu geschlossenen Bänken bestätigt.

Wenn andererseits die lockeren Sande von der Sonne durchglüht und ausgetrocknet waren und durch Wasserfluten Kieselsäuremengen darüber hingegossen wurden, so absorbierten die heifsen Sande schnell das einsickernde Lösungswasser der Kieselsäure, die dann nicht tiefer einzudringen vermochte.

Bei fast allen Knollensteinen zeigen sich an der Unterseite die charakteristischen Warzen und Zapfen, die besonders deutlich ausgebildet sind, wenn das Liegende aus rein sandigen Schichten besteht.[1]) Wenn dieses aber stark tonige Beimengungen enthält, nehmen die Zapfen mehr an Querschnitt zu und erreichen eine geringere Länge, so dafs die Unterseite flachwelliger wird.[2]) Die vertikal nach unten gerichteten Zapfen und Warzen zeigen den Weg der eindringenden Kieselsäure an und entsprechen den Stellen, an denen diese am weitesten in die lockeren Sedimente eingesickert ist. Die vielfach in den Knollensteinen vorhandenen lockeren, stielartigen Partien[3]) sind oft nicht als Lager organischer Körper anzusehen, sondern sind diejenigen Stellen, die von der eindringenden Zementlösung nicht verkittet worden sind. (Wenn der lockere Sand herausgeflossen ist, entstehen lange Hohlräume.)

Oft hat sich die Kieselsäure mit den Sanden innerhalb des sonst homogenen Gesteins zu kugel- oder eiförmigen Knollen zusammengeballt,[4]) die reicher sind an Bindemittel und sich meist durch eine dunklere Färbung, gröfsere Härte und eine deutlichere Abgrenzung gegen die übrige Gesteinsmasse hervorheben. Diese Eigenart der Kieselsäure findet sich bei den anderen Verkieselungsprodukten, den verkieselten Braunkohlen und den „versteinerten" Baumstümpfen wieder. Solche Knollen haben einen Durchmesser von wenigen Millimetern bis zu 20 cm und treten bei der Verwitterung als

[1]) S. Fig. 1 im Anhang.

[2]) S. Fig. 7 im Anhang.

[3]) Zincken (bei Schortau): „Der Quarzit enthält eiförmige Butzen von lockerem gelben Sand in festem Sandstein."

[4]) S. Fig. 3 und 4 im Anhang.

erhabene Buckel heraus. Diese Eigentümlichkeit der Kieselsäure bedingt es ebenfalls, dafs besonders die zerstreuten Knollensteine „lapides tuberosi“ werden.

Eine besondere Ausbildungsweise der Knollensteine ist die, dafs einzelne Individuen von der Unterseite bis etwa zur Mitte innen völlig hohl sind, während eine harte quarzitische Decke sich an der Oberseite befindet. Durch Beobachtung zahlreicher anstehender Knollensteine über lockerem Sand fand ich folgende Erklärung. Wir sahen, dafs in trockenen Sanden oft kleine schwache Schollen oberflächlich verhärteten. Sobald neue Kieselsäurelösungen über derartige undurchlässig gewordene Partien hinwegflossen, versahen sie die Oberseite mit einem homogenen, harten Schmelz, flossen wie der Regen an dem Dache eines Schirmes herab und verfestigten vom Rande aus kranzartig vertikale Partien. In die unter dem harten, pilzartigen Dache befindlichen Sande drang die Kieselsäurelösung nicht ein, und so hatten diese an der Verfestigung keinen Anteil.

Die zerstreut gefundenen Knollensteine stellten eine Auslese der härtesten Verkieselungsbildungen dar, während die anstehenden sehr oft weicher sind und nur stellenweise wirklich quarzitisch hart werden. Unter den anstehenden Knollensteinen lassen sich folgende Arten unterscheiden:

a) sandsteinartige poröse,
b) quarzitisch homogene,
c) kiesige Quarzite,
d) Quarzite mit kieseligem und eisenhaltigem Bindemittel,
e) konglomeratische,
f) konkretionäre (z. B. die von Schkopau und Dransfeld u. a.; auch von Koenens schalige Knollensteine gehören wohl dazu).

Der Grund für diese wechselnde Härte liegt naturgemäfs in der verschiedenen Durchtränkung mit Kieselsäurezement, das reine Quarzsande gegenüber dem tonhaltigen Material bevorzugte.

Bei der Silifizierung scheint daher auch das Porenvolumen der Sedimente, d. h. ihre Wasseraufnahmefähigkeit eine besondere Rolle gespielt zu haben. Somit wurde die

Form und Struktur der Knollensteine wohl durch folgende Hauptfaktoren bedingt:

a) durch die Ablagerungsformen der Quarzsande (Linsen, Bänke, Nester, die von isolierenden Tonmassen begrenzt wurden);
b) durch den Tongehalt und das damit zusammenhängende Porenvolumen der Sedimente;
c) durch den Wassergehalt der Sedimente;
d) durch die Schwerkraft des eindringenden Bindemittels;
e) durch die Neigung der Kieselsäure, innerhalb der Sande von verschiedenen Wachstumszentren aus zu verkieseln.

Nicht immer hat die Kieselsäure zur wirklichen Verkittung ausgereicht. Häufig versah sie die Kiese und Sande oberflächlich nur mit einem dünnen, schimmernden Lack.[1]) Die eckigen und rundlichen Quarzkörnchen (auf Sektion Schönfeld-Ortrand) zeigen nach O. Herrmann unter dem Mikroskope eine Anlagerung von neugebildeter Kieselsäure mit derselben optischen Orientierung; ebenso auf der Sektion Schwepnitz.

Die sekundäre, verkittende Kieselsäure der Knollensteine hat sich um die Quarzkörner in Form von Kränzen angesiedelt, die mit den ersteren gleiche optische Orientierung besitzen, nicht amorph, sondern ebenfalls kristallin sind.

Neben der kranzartigen Umlagerung ist (nach freundlicher Mitteilung des Herrn Dr. Knett-Karlsbad) bisweilen auch ein Weiterwachsen der Quarztrümmer in der chemisch verwandten Kieselsäurelösung beobachtet worden.[2]) Dünn-

[1]) H. Credner, 1878. Z. d. d. g. G. „Noch häufiger sind die Gerölle von einer nur hauchartigen, firnisglänzenden, eisblumenartige Hülle von Quarz umgeben." — Königreich Sachsen, Sektion Penig (J. Lehmann). „Nicht wenige Knollensteine sind Aggregate kleiner Quarzkriställchen; die in ihnen eingelagerten Gerölle haben dann das Aussehen, als wenn sie angeätzt wären und schimmern auf der Oberfläche von zahlreichen kleinen und glänzenden neugebildeten Kristallflächen."

[2]) Königreich Sachsen, Sektion Mittweida-Taura. „Die Verkieselung, ein Vorgang, der nicht selten von der Neubildung kleiner Quarzkriställchen begleitet war, welche die Gerölle inkrustieren."

schliffe sollen den primären Quarz als dunkleren Kern erkennen lassen, dessen Begrenzung sich als matte Linie zu erkennen gibt.

Die genetischen Beziehungen der Knollensteine zu den überlagernden Braunkohlen und die Zeit der Verkieselung.

Die verkittende Kieselsäure ist auf demselben Wege zugeführt worden wie die Sedimente. Als die Braunkohlen sich bildeten, verringerte sich die Aufschüttung von Sedimenten oder hörte ganz auf und damit auch die Zuführung von verkittender Kieselsäure. Nur hin und wieder strömten noch Kieselsäurelösungen in die Braunkohlensümpfe, um auch hier in der Kohle und in den Bäumen „Versteinerungen" zu veranlassen.

Eine neue Sedimentaufschüttung bedeckte die Braunkohlen mit Sanden und Tonen, und so konnten sich auch in den hangenden Schichten Verkieselungsprodukte bilden.

Zwar liegt die Braunkohle meist über den Knollensteinen, doch ist ihr ein direkter lokaler Einfluſs auf die Verkieselung, d. h. Befreiung von Kieselsäure im allgemeinen wohl nicht zuzuschreiben.

In der Grube Dörstewitz wird das Liegende der Kohle von reinen weiſsen Stubensanden gebildet (etwa 3 m mächtig), und erst unter diesen sollen quarzitische Bildungen folgen. Hier hat die Braunkohle die liegenden Sande weder mechanisch noch chemisch verändert.

Die Humusstoffe der Braunkohlensümpfe konnten natürlich reine Quarzsande nicht zersetzen, also auch chemisch keine Kieselsäure befreien. Nur wenn unter der Braunkohle feldspathaltige Gesteine lagerten, konnte durch die Vermoorung Kieselsäure frei werden, die dann in die liegenden Sande einzudringen und diese zu verfestigen vermochte. Mit diesem Falle glaube ich aber weniger rechnen zu müssen, da z. B. Braunkohlen und Knollensteine häufig durch eine mächtige, wasserundurchlässige Tonlage voneinander getrennt sind, die

als Isolierschicht jeden direkten Einfluſs der Kohle zu den Knollensteinsanden verhindert haben muſs.

Die Knollensteindecken sind massenhaft von Wurzelröhren und Rhizomen[1]) durchsetzt oder führen reichlich Abdrücke von Pflanzenteilen. In den lockeren, später verkitteten Sanden sind also Pflanzen gewachsen, deren eingebettete Teile sich als Wurzelröhren zu erkennen geben. Demnach ist die Kieselsäure also oberflächlich zugeführt worden und von oben nach unten in die Sande eingedrungen. Hätten schon andere Ablagerungen über den Knollensteinsanden gelegen, als die Kieselsäure zufloſs, so wären diese unbedingt mitverkittet worden. Aufserdem muſs nach der Einlagerung der Blätter die Verkieselung bald erfolgt sein, da ihre zarte Nervatur sich sonst nicht so schön hätte erhalten können. Auch die besonders an der Unterseite der Knollensteine vorhandenen gleichgerichteten, parallelen Zapfen und Warzen weisen auf den vertikalen Weg der Kieselsäure hin, so daſs eine Zuführung derselben etwa durch Grundwasser und juvenile Quellen ausgeschlossen erscheint. Da die Knollensteine überdies nach oben häufig durch wassertragende Tone abgeschlossen sind, muſs die Verkieselung schon eingetreten sein, als noch die lockeren Sande an der Erdoberfläche anstanden.

Zwei Hauptbedingungen waren für die Bildung der Knollensteine oder Braunkohlenquarzite maſsgebend, einmal das Vorhandensein verkieselungsfähiger Sande und Kiese, andererseits die Zuführung von Kieselsäurelösungen, deren Entstehung bedingt war durch die für die Tertiärzeit bezeichnende humose Verwitterung feldspathaltiger Gesteine.

Eine Zuführung von Kieselsäurelösungen konnte überall dort eintreten, wo durch vadoses Wasser Vermoorungsherde ausgelaugt oder wo die Produkte derselben umgelagert wurden.

---

[1]) Königreich Sachsen, Sektion Frohburg. „Nicht selten werden sie von röhrenförmigen Wurzelabdrücken gänzlich durchschwärmt.“

Da diese Verhältnisse während einer langen Periode der Tertiärformation herrschten, war innerhalb dieser gesamten Zeit in den verschiedensten Horizonten die Bildung von Knollensteinen möglich.

Aus diesem Grunde darf eine stratigraphische Gliederung nach dem Vorkommen von Knollensteinen selbst für benachbarte Profile nur mit Vorsicht durchgeführt werden.

Immerhin behalten die Knollensteine jedoch in petrogenetischer und erdgeschichtlicher Beziehung ihre Bedeutung.

Lebenslauf.

Am 19. November 1884 wurde ich zu Aurith (Oder) als Sohn des Holzhändlers Carl Ludwig Schubel geboren. Ich besuchte das Realgymnasium zu Frankfurt a. d. Oder, das ich Michaelis 1905 mit dem Zeugnis der Reife verliefs. Darauf studierte ich zwei Jahre Naturwissenschaften an der Universität Berlin und von Michaelis 1907 ab hörte ich an der Universität Halle Vorlesungen, besonders in Chemie, Mineralogie, Geologie, Zoologie, Botanik und Geographie.

Auch beteiligte ich mich an den praktischen Übungen in den genannten Fächern und an zahlreichen geologischen Exkursionen, die von meinem hochverehrten Lehrer Herrn Professor Dr. Walther geleitet waren.

Allen meinen Lehrern, die mich in das weite Gebiet der Naturwissenschaften eingeführt haben, bin ich zu grofsem Danke verpflichtet.

Meine Lehrer waren in Berlin: die Professoren Emil Fischer, Gabriel, Plate, Schwendener, Stumpf; in Halle: die Professoren Bruel, Dorn, Fries, Grenacher, Haecker, Luedecke, Menzer, Mez, Philippson, Scupin, Karl Schmidt, Taschenberg, Tubandt, Uphues, Vorländer, Walther, Wüst.

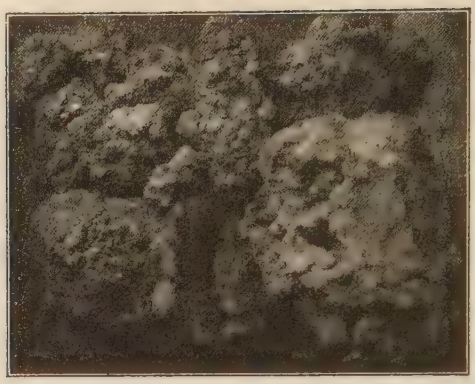


Fig. 1.
Zapfen und Buckel an der Unterseite eines Knollensteins.

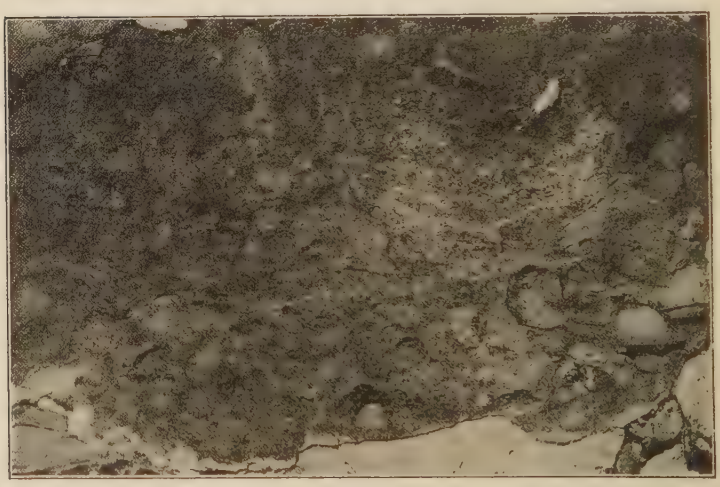


Fig. 3.
Konkretionärer Knollenstein. (Man achte auf die cirunden Knollen innerhalb der sonst homogenen Gesteinsmasse.)

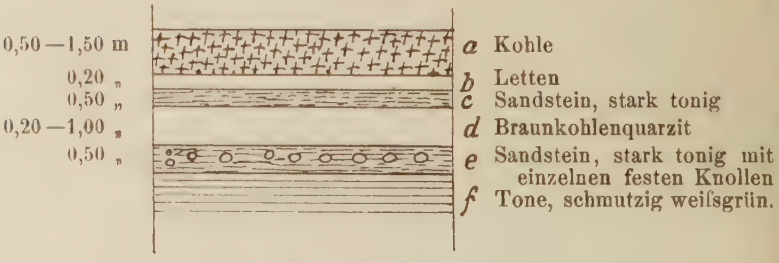
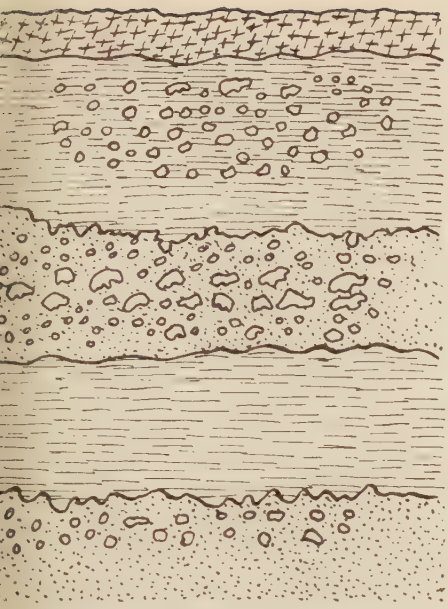


Fig. 5.



Ackererde.

1. Konkretionärer Quarzit der oberen Bank.
2. Grenzfläche zum liegenden lockeren Quarzsand.
3. Zwischenlagernder Sand mit kleinen traubigen und runden Knollen.
4. Untere Bank.
5. Übergang zum liegenden lockeren Sand.
6. Liegender Quarzsand der unteren Bank, oben kleine Knollen enthaltend.

Fig. 2.

Fig. 4.
Knollenstein von Schkopau. (Kleine Knollen im sonst dichten Gestein.)

Fig. 6.
Kieselhölzer von Gröbers.

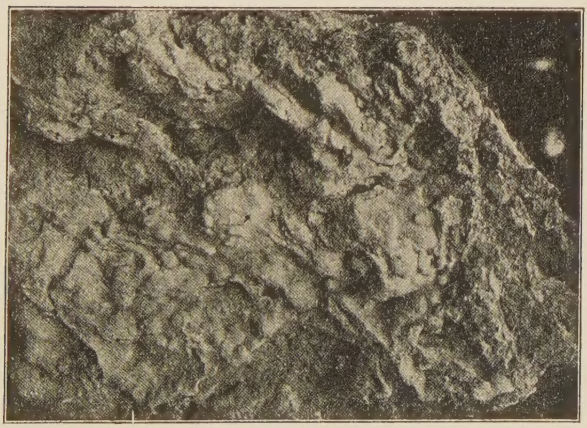


Fig. 7.
Flachwellige Auflagerungsfläche von Knollensteinen bei tonigem Liegenden.

Fig. 8.

Königreich Sachsen. Querschnitt eines Sandnestes, allseitig von Tonen begrenzt. Obere Stufe der Sande und Tone.

a) Sande, b) Tone.

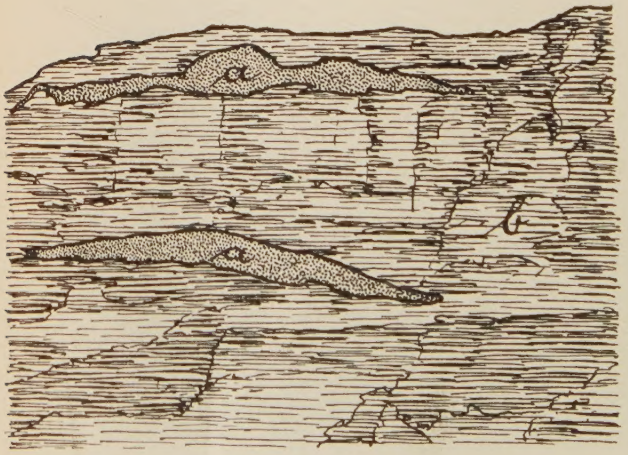


Fig. 9.

Königreich Sachsen. Querschnitt zweier Sandzungen. Die obere ist wiederholt durch Tone eingeschnürt.

a) Sande, b) Tone.